

## Artigo de Revisão / Review Article

**ECOGRAFIA DE NERVOS PERIFÉRICOS – UM TUTORIAL GUIADO POR IMAGEM PARA INICIANTE\****PERIPHERAL NERVE ULTRASOUND – AN IMAGE GUIDED TUTORIAL FOR BEGINNERS\**

F. Pereira da Silva, S. Mota, H. Donato, M. Gil-Pereira, P. Donato, F. Caseiro-Alves

Serviço de Imagem Médica e Faculdade de Medicina, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Portugal; Serviço de Anestesiologia, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Portugal

**Correspondência**

Francisco Pereira da Silva  
Serviço de Imagem Médica e Faculdade de Medicina, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra  
Av. Bissau Barreto  
3000 Coimbra  
e-mail: fm.pereira.da.silva@gmail.com

\* Premiado no ECR 2014 com a Magna Cum Laude

Recebido a 17/09/2014  
Aceite a 15/12/2014

**Resumo**

Avanços técnicos na ecografia facilitou de forma fiável a avaliação de pequenas estruturas. Atualmente, a avaliação de nervos periféricos depende ainda de dados clínicos suplementados por estudos eletrofisiológicos. A ultrassonografia pode ser aplicada na avaliação de patologia de nervos periféricos, contribuindo para o diagnóstico diferencial de patologias músculo-esqueléticas. O crescimento exponencial de publicações sobre esta temática nos últimos 10 anos foi fortemente fomentado pelo desenvolvimento de intervenção guiada por imagem, frequentemente utilizada em procedimentos analgésicos e anestésicos, tais como bloqueios nervosos. A Medicina da Dor é outro campo para a ecografia de nervos periféricos, onde a intervenção pode ser usada como forma de tratamento ou diagnóstico.

A ecografia é uma técnica segura, embora fortemente dependente do utilizador, implicando firmes conhecimentos de anatomia. Elaborou-se uma revisão pictórica, assim como dos parâmetros e peculiaridades técnicas utilizadas para otimizar a imagem obtida. Serão demonstrados os marcos anatómicos mais frequentes e reconhecíveis no pescoço, membro superior, virilha, membro inferior, assim como a forma de colocação da sonda. Será efetuada uma breve revisão dos achados descritos em casos patológicos.

Um firme conhecimento da ecografia dos nervos periféricos é um pré-requisito para os interessados na avaliação destes. O papel da intervenção guiada por ecografia tem evoluído no campo da anestesia e no campo da medicina da dor. Os radiologistas estão em excelente posição para relacionar a adequada técnica e o conhecimento anatómico, permitindo expandir o papel dos procedimentos guiados por imagem.

**Palavras-chave**

Ultrassonografia; Nervos periféricos; Anatomia.

**Abstract**

Technical advances in US made examinations of small superficial structures possible and reliable. Currently, evaluation of peripheral nerve disorders still depends on clinical data supplemented by electrophysiological studies. Ultrasound can be applied in the evaluation of peripheral nerve disorders, contributing for the differential diagnosis with other MSK pathologies. The exponential rise in publications regarding this topic in the past 10 years has been greatly driven by the development of image guided intervention now commonly used for selected anaesthetic procedures such as nerve blocks. Pain-related disorders is another field for peripheral nerve ultrasound, where image guided intervention is being used for diagnosis and treatment. Ultrasound is safe but very operator dependent thus making solid anatomical knowledge of peripheral nerve anatomy a mandatory condition.

A pictorial essay of the normal sonographic appearance of peripheral nerves will be provided, along with the technical parameters used to optimize image quality. The authors will mainly focus the presentation on easily recognisable anatomical landmarks of the neck, upper limb, groin, thigh and leg matching with B mode scans and probe positioning. A brief review of commonly described pathologic finding will also be performed.

**Conclusion:** Sound knowledge of peripheral nerve anatomy is a pre-requisite for those interested in peripheral nerves ultrasound assessment. The role of ultrasound guided interventions has been expanded to the field of anaesthetic and pain-relief procedures. Radiologists are in the best position to match imaging anatomy with sound technical knowledge, thus expanding the role of imaging procedures and guided-interventions.

**Key-words**

Ultrasonography; Peripheral nerve; Anatomy.

**Introdução**

Os avanços recentes na ecografia permitem hoje a avaliação ecográfica de estruturas pequenas com boa acuidade, entre elas as estruturas nervosas. Atualmente, a avaliação de estruturas nervosas depende ainda em grande parte de dados clínicos suplementados de estudos eletrofisiológicos.

Um conhecimento sólido da sonoanatomia das estruturas nervosas, do seu aspeto normal e dos seus padrões patológicos habituais é importante para o radiologista. Apesar de conceptualmente parecer difícil, não requer mais destreza do que a necessária para exames radiológicos de rotina com base no conhecimento clínico e a avaliação imagiológica em tempo real.

Às suas conhecidas vantagens como acessibilidade, ausência de radiação, adicionam-se a sua versatilidade (comparação com o lado contralateral, segmentos proximais ou distais) que permite avaliar aparelhos e sistemas diferentes (músculo-esquelético ou estruturas nervosas), permite avaliar em toda a sua extensão o curso oblíquo dos nervos e ainda a possibilidade de realizar uma breve e dirigida anamnese. Comparativamente com a Ressonância Magnética apresenta uma superior resolução espacial (com altas frequências) e temporal para as pequenas estruturas, tendo no entanto um inferior poder de contraste.

O número de artigos indexados na Pubmed® em 2000 referentes à pesquisa “nerve ultrasound” aumentou de 168 artigos publicados no ano 2000 para 758 no ano 2013, muitos destes relacionadas com a intervenção dirigida a estruturas nervosas, usadas para procedimentos anestésicos, analgésicos, ou diagnósticos na medicina da dor.

O estudo ecográfico das estruturas nervosas (e eventualmente a intervenção) está tecnicamente ao alcance dos médicos radiologistas, sendo o nosso objetivo tornar a avaliação e identificação destas estruturas simples.

Para isso procurou-se descrever a sonoanatomia das estruturas nervosas e das mais importantes referências anatómicas com base em variações de planos tomográficos usados por rotina pela maioria dos radiologistas.

## Considerações gerais sobre técnica de exame

Relativamente à otimização da técnica aplicam-se os princípios básicos de ecografia. A profundidade deve ser a mínima necessária e a frequência a mais alta. Os focos devem ser colocados na profundidade da região de interesse e os ganhos ajustados por forma a observar os fascículos nervosos.

Para facilitar a sua identificação, inicia-se o exame numa área onde estes estejam mais facilmente identificáveis para depois serem adequadamente seguidos.

A partir daí o nervo pode ser observado num plano transversal ao longo da sua extensão, com a identificação confirmada pelo seu trajeto e pelas relações anatómicas (exercício de pouca dificuldade para a maioria dos radiologistas habituados a seguir estruturas vasculares).

Alterações patológicas podem ser mais adequadamente estudadas usando as capacidades multiplanares da ecografia, comparadas com lado contralateral e correlacionadas com a clínica se possível.

Salienta-se a componente dinâmica da avaliação do nervo, que tem utilidade não só na identificação, como também na deteção de patologia, já que é expectável que os nervos tenham uma progressiva diminuição das suas dimensões ao longo do seu trajeto.

## Aspeto normal do nervo

O aspeto morfológico do fascículo nervoso tem, em condições ideais, uma excelente correlação com a estrutura histológica e é composto por fascículos nervosos hipoecogénicos individualizados pelo endoneuro, tecido conjuntivo ecogénico entre os fascículos e epineuro ecogénico. Em imagem transversa, assemelha-se a uma “amora”. A distinção de nervos de vasos pode ser feita recorrendo ao Doppler, à compressão (condiciona separação dos fascículos), marcada diferença de anisotropia

(permite “apagar” os tendões da imagem com inclinação da sonda) e ao seu padrão fibrilar característico [1].

## Patologia nervosa em ecografia

A ecografia tem sido utilizada no estudo de patologias nervosas, nomeadamente de natureza traumática (estiramento ou compressão), sejam estas de natureza crónica ou aguda [2-4]. O aspeto ecográfico do nervo revela habitualmente uma morfologia achatada, perda de mobilidade, perda do seu padrão fascicular, aumento do seu tamanho ou sinal Doppler interno. Além destes sinais, podem ser observados sinais indiretos de deservação, nomeadamente hiperrefletividade dos músculos. A ecografia permite identificar muitas vezes causas de compressão, nomeadamente, tenossinovite, quistos gangliónicos, massas, varicosidades ou estruturas anómalas (por exemplo, nervo mediano bifido com persistência da artéria mediana).

No trauma cervical foram reportadas alta sensibilidade (80%) e especificidade (100%) na distinção de patologia major (interrupções completas ou incompletas do epineuro, retração dos topos, aspeto ondulado dos topos), com utilidade no planeamento pré-operatório, assim como o seguimento posterior para identificação de neuroma pós-traumático [5].

Após trauma pode haver a formação de neuroma focal, identificado por um espessamento fusiforme do nervo (neuroma) [6].

Estão descritas também complicações iatrogénicas após punção acidental do nervo [7].

A avaliação pós operatória pode também permitir identificar: neuroma terminal (como massa hipoecoica na extremidade do nervo após secção completa); neuroma fusiformes (espessamento hipoecoico do nervo); e estiramento, com fascículos espessados e fibrose peri-nervo.

Foram descritas ainda alterações características das estruturas associadas a doenças genéticas, nomeadamente a doença de Charcot-Marie-Tooth tipo 1A (área do nervo mediano superior a 10mm<sup>2</sup>; fascículos maior que 0.6 mm) [8], e tipo 1B (área do nervo mediano de 20 mm<sup>2</sup> no antebraço médio, de 13.6 no punho) [9]; e neuropatias crónicas (nas neuropatias crónicas desmielinizantes há habitualmente um aumento do calibre dos nervos, ao contrário das neuropatias axonais, embora um cut-off específico seja difícil de estabelecer) [10]. No diagnóstico de polineuropatias desmielinizantes parece haver locais cuja precisão diagnóstica é diferente (no nervo tibial distal, um valor de área seccional de 10.5 mm<sup>2</sup> teve sensibilidade de 0.92 e especificidade de 0.71, enquanto que o nervo cubital a nível do braço apresentou valores de sensibilidade de 0.60 e especificidade de 0.92 para uma área de 8.5 mm<sup>2</sup>), sugerindo –se o uso de medidas a vários níveis se for suspeitada uma polineuropatia; as neuropatias axonais não parecem implicar um aumento da área dos nervos. [11]

Grande parte das neoplasias do plexo cervical são benignas. Os tipos histológicos mais frequentes são Schwannoma e neurofibroma. Na avaliação de massas, os dados mais importantes são a relação com as estruturas musculares e a continuidade com as estruturas nervosas (são massas muito dolorosas aquando a punção) [12].

## Plexo braquial e nervos do membro superior

O plexo braquial (Figura 1A, 1B, 1C, 1D) é composto pelos ramos ventrais de C5 a T1 e é responsável pela inervação do membro superior. As raízes podem ser identificadas entre o escaleno médio e anterior (Figura 1B). O nível da raiz pode ser determinado com precisão por meio da identificação C7 (ausência de tubérculo anterior na apófise transversa) (Figura 1A, 1B) [13]. Ao rodar 90° pode-se obter um plano coronal da saída das raízes cervicais. A este nível, o nervo frênico pode ser identificado ao divergir a partir de C5 e cursando anteriormente ao escaleno anterior [14].

Os ramos ventrais podem ser seguidos distalmente em plano transversal até à região supraclavicular, onde se formam os troncos. Na base do pescoço, as estruturas nervosas relacionam-se com alguns vasos: artéria vertebral, artéria escapular dorsal; artéria transversal cervical (Figura 1C). Na extremidade lateral do triângulo cervical posterior, os nervos atravessam a primeira costela posterior à artéria subclávia (Figura 1D).

A abordagem infraclavicular (Figura 2C) (inferiormente ao terço médio da clavícula, medial à apófise coracóide e posterior aos músculos peitorais) mostra os cordões: lateral, posterior e medial. Há 13 ramos terminais que se originam a partir desta região sendo difícil a sua avaliação definitiva.

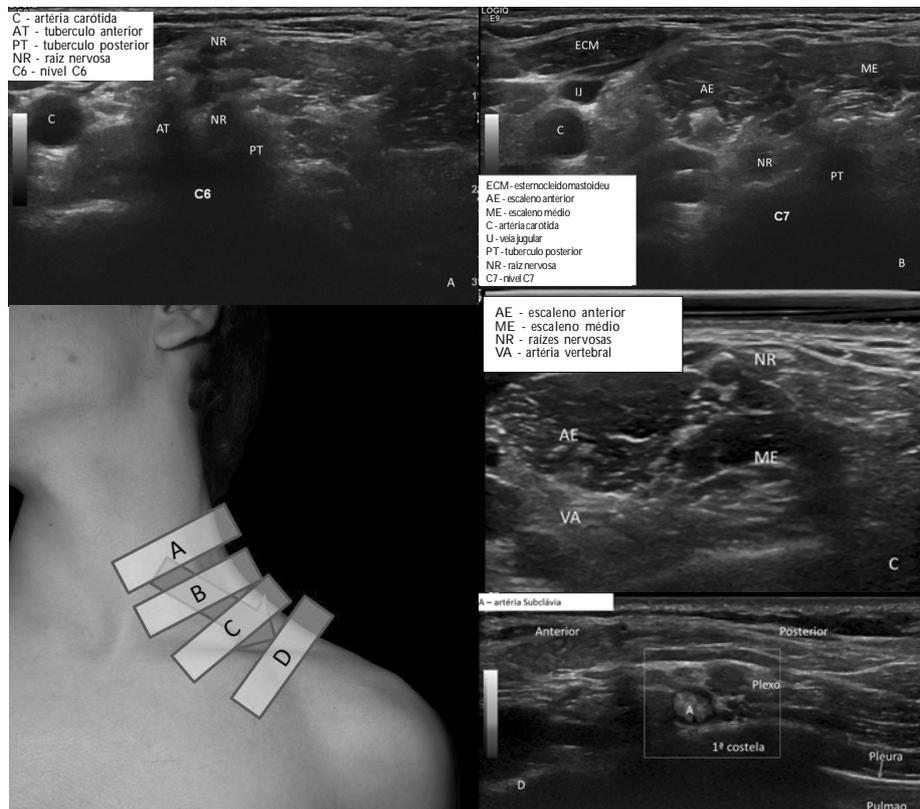
Os quatro principais nervos (musculocutâneo, mediano, radial e ulnar) podem ser identificados na axila, e seguidos distalmente para identificação segura. Dada a grande variabilidade da anatomia nesta topografia a utilização das capacidades dinâmicas da ecografia é essencial [15].

O nervo musculocutâneo é um ramo do cordão lateral, facilmente identificado devido à sua origem precoce e trajeto no

tendão comum (Figura 2A). Cursa entre o músculo braquial e bicípito braquial, que inerva, e fornece o seu ramo terminal (o nervo cutâneo lateral do antebraço).

O nervo mediano é formado pela fusão de dois ramos (do cordão lateral e medial). Cursa em estreita relação com a artéria braquial. No antebraço, passa entre as cabeças do pronador redondo (Figura 2J), cursando posteriormente entre os flexores dos dedos, onde origina o nervo interósseo anterior (que cursa profundamente ao flexor profundo). No punho emerge da face lateral do flexor superficial dos dedos, passando no túnel cárpico (Figura 2G) e situa-se ao longo do eixo do dedo anelar. Ao longo do seu percurso, os locais mais típicos de compressão são o ligamento de Struthers, a aponevrose bicipital, entre as cabeças dos pronadores e o túnel cárpico (uma diferença de 2 mm<sup>2</sup> da área seccional no canal cárpico comparada com a sua área ao nível do pronador quadrado obteve sensibilidade e especificidade de 99% e 100%, respetivamente) [3].

O nervo radial (Figura 2D,2F,2I) é o principal nervo do cordão posterior, percorre o sulco radial do úmero, entre as cabeças lateral e medial do trícipite, em relação à artéria braquial profunda. Divide-se em ramo profundo (motor) e superficial (sensitivo) no epicôndilo lateral, profundamente ao músculo coracobraquial, dando uma aparência característica “olhos de serpente” (Figura 2F). O nervo radial quando sujeito a compressão apresenta-se hipoecoico, tumefacto e com indefinição dos fascículo [16]. Os locais mais frequentes de compressão são: lateralmente à cabeça longa do trícipite e no sulco espiral entre o músculo braquial e braquiorradial. O ramo profundo entra no músculo supinador e corre posteriormente como nervo interósseo posterior (Figura 2I), inervando a maioria dos extensores do antebraço e da mão, daí a clínica clássica da



**Fig. 1** - Imagens ecográficas obtidas com sonda linear de alta frequência do plexo braquial de voluntário saudável (ver texto para descrição). Setas indica o sentido percorrido para a sonda para avaliação em plano transversal ao plano dos nervos

mão pendente na lesão do nervo radial. Pode estar comprimido pela arcada de Frohse, por um ramo recorrente da artéria radial (“trela de Henry”), entre as cabeças do supinador. O ramo superficial pode estar comprimido entre o braquiorradial e o extensor longo radial do carpo, condicionado o síndrome de Wartenberg.

O nervo ulnar (Figura 2E e 2H) surge a partir do cordão medial. Cursa posteromedialmente, profundamente ao trícipite no braço distal. No epicôndilo medial do úmero, passa no túnel cubital (Figura 2E), percorrendo depois o antebraço entre a cabeça humeral e cabeça ulnar do flexor ulnar do carpo. A ecografia permite avaliar a flexão / extensão do cotovelo e pesquisar a subluxação do nervo. Distalmente torna-se mais superficial e passa para o punho, superficial ao retináculo dos flexores no canal de Guyon, em íntima relação com o pisiforme, unciforme e artéria ulnar (Figura 2H).

(perfurando a fáscia profundamente ao músculo sartório). Distal ao joelho, localiza-se no lado medial da perna, acompanhando a veia safena magna (Figura 3E).

O nervo cutâneo lateral da coxa tem origem em L2-L3, lateralmente ao músculo psoas, direciona-se para a espinha ilíaca ântero-superior e passa inferiormente ao ligamento inguinal, onde depois inerva a fáscia lata e a pele lateral da coxa, após cruzar o músculo sartório [18] (Figura 3A). É responsável pela síndrome “meralgia parestética”, um achado de difícil avaliação direta, mas cuja resposta após infiltração de anestésico é diagnóstica [19].

O nervo obturador origina-se das divisões ventrais do plexo lombar, de L2-L4. Surge na porção medial do psoas, posteriormente aos vasos ilíacos, cursa posterolateralmente à bexiga e atravessa o buraco obturador. No canal obturador divide-se em ramo anterior (entre o adutor longo e curto) e



**Fig. 2** - Imagens representativas dos principais dos troncos e dos ramo principais do plexo braquial e seu trajecto ao longo do braço na superfície anterior (B) e na superfície posterior (B') desde a axila (A), com o trajecto dos nervos músculo-cutâneo (C), nervo radial (D,F,I); nervo cubital (E,H) e nervo mediano (J,G).

## Nervos da face anterior da coxa

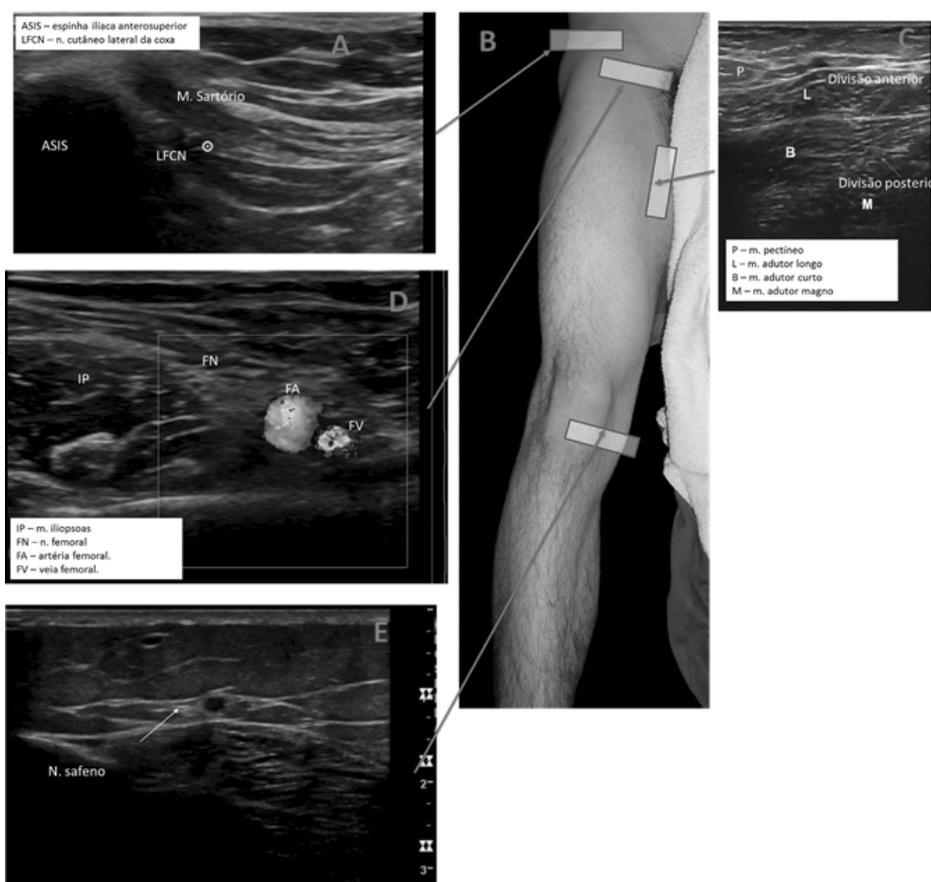
O nervo femoral é formado pela divisão posterior de L2 a L4. Pode ser identificado quando passa no ligamento inguinal, onde se divide, relacionando-se com a artéria femoral (Figura 3D). É incomum ser alvo de lesões compressivas, mas está sujeito a dano iatrogénico [17] dado ser um local de acesso vascular central. É importante, na avaliação da fossa inguinal identificar os músculos iliopsoas, pectíneo, adutor longo, reto femoral e tensor da fáscia lata.

O nervo safeno é o ramo terminal do nervo femoral, podendo ser identificado na coxa proximal (anterolateral à artéria femoral; posterior à aponevrose do canal adutor) ou na coxa distal

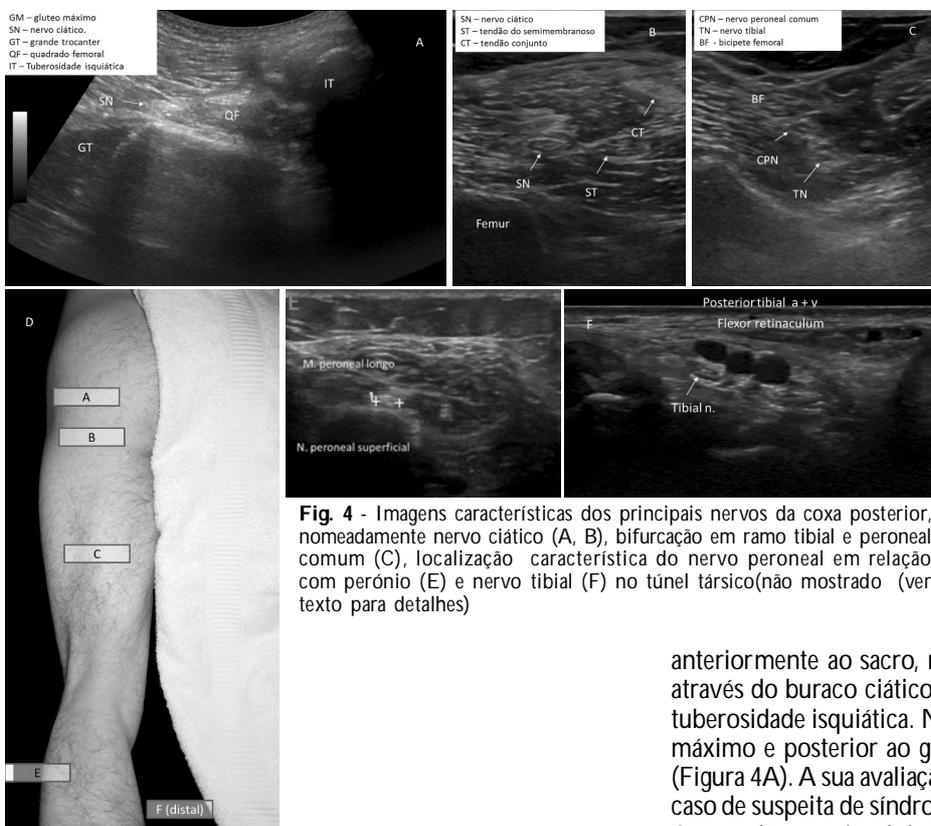
posterior (entre o adutor curto e magno) (Figura 3C). São mais facilmente identificáveis em plano longitudinal, medialmente à coxa. A sua avaliação direta é, também, muitas vezes inconclusiva. Todavia, a infiltração de anestésico ou corticoide pode ter lugar na abordagem da pubalgia, nomeadamente quando associada a contractura dos músculos adutores [20].

## Nervo ciático

O plexo sacrado é formado por raízes de L4 a S3, do qual se originam sete nervos, um dos quais o ciático. Este forma-se



**Fig. 3** - Imagens características do nervo cutâneo lateral da coxa (A), localização dos ramos do nervo obturados, localização do nervo femoral (D) e sua continuação como nervo safeno (E). (ver texto para



**Fig. 4** - Imagens características dos principais nervos da coxa posterior, nomeadamente nervo ciático (A, B), bifurcação em ramo tibial e peroneal comum (C), localização característica do nervo peroneal em relação com perónio (E) e nervo tibial (F) no túnel târsico (não mostrado (ver texto para detalhes)

anteriormente ao sacro, medialmente ao iliopsoas e emerge através do buraco ciático anterior ao piriforme e posterior à tuberosidade isquiática. Na região glútea é anterior ao glúteo máximo e posterior ao gêmeo inferior e quadrado femoral. (Figura 4A). A sua avaliação direta é difícil, nomeadamente em caso de suspeita de síndrome piriforme.

A uma altura variável do seu trajeto na coxa, origina o nervo tibial e o nervo peroneal comum (Figura 4C) [21].

O nervo tibial atravessa a arcada solear, originando o nervo sural na fossa poplítea, pequeno ramo que acompanha a veia safena parva. Acompanha a artéria tibial posterior, continuação direta da artéria poplítea, até ao túnel tarsico (Figura 4F), local onde pode ser comprimido [22].

O nervo peroneal comum passa entre a cabeça lateral do gastrocnêmio e a porção distal do bicipite femural. Passa profundamente à inserção do músculo peroneal longo em íntima relação com o perónio, que contorna. Origina o ramo superficial e profundo. O nervo peroneal superficial localiza-se na superfície anterolateral da perna entre os músculos peroneais e os extensores dos dedos, perfurando a fáscia 10-12 cm proximalmente ao maléolo medial, ficando sujeito a estiramento [23].

### Outras estruturas nervosas e outras aplicações

Várias publicações têm demonstrado que estruturas nervosas são abordáveis ecograficamente, nomeadamente os plexos nervosos cervicais (Figura 5), o nervo vago (Figura 6) [24], e o nervo acessório [25]. Alguns deste poderão ter interesse no sentido diagnóstico.

Outro interesse na ecografia aplicada às estruturas nervosas é a de realização de procedimentos dirigidos (bloqueios ou

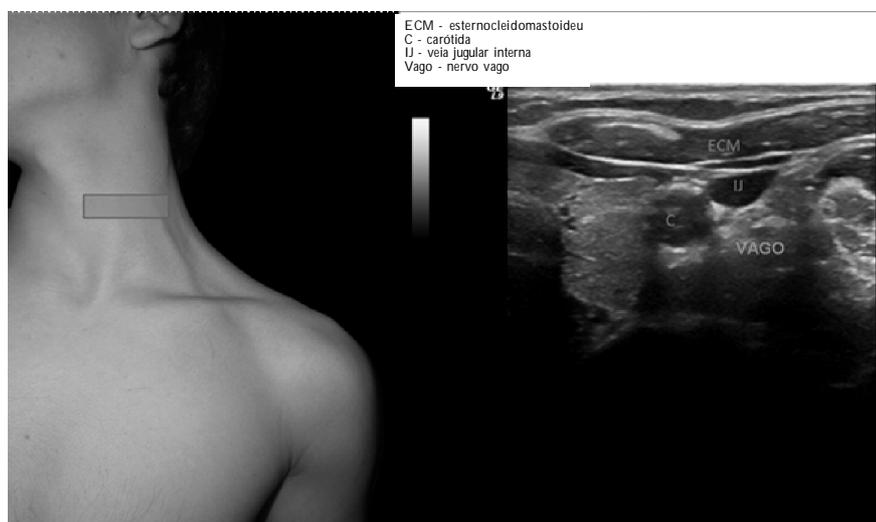
infiltrações), alguns dos quais não pressupõe a visualização direta dos nervos (Figura 7 e Figura 8). Estes bloqueios têm tido um desenvolvimento rápido nos últimos anos. Além das provas diagnósticas, tornam procedimentos altamente agressivos toleráveis. Os riscos que apresentam são os da punção (infecção, lesão iatrogénica), da toxicidade por anestésicos locais que ocorre quando se excedem as doses máximas ou na injeção intravascular inadvertida. Iniciam-se com sintomas neurológicos (zumbido, atordoamento, distúrbios visuais, parestesias da língua e dos lábios, gosto metálico), que pode evoluir para convulsões ou coma e posteriormente para colapso cardiovascular.

### Conclusão

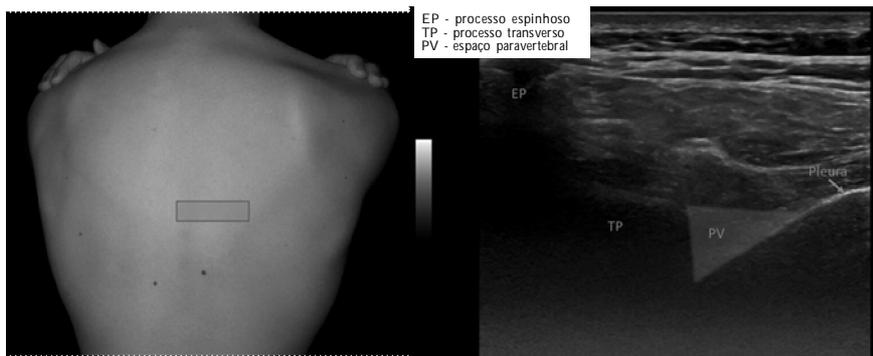
O uso de ecografia tem os seus méritos na avaliação das estruturas nervosas: permite identificar o nível da lesão; tem uma excelente resolução temporal e espacial (para algumas estruturas, superior à da Ressonância); é um exame dinâmico; e permite uma colheita da anamnese dirigida. Na patologia traumática, tem sido explorada a sua utilização para caracterização precoce da lesão (em séries de correlação cirúrgica em patologia do plexo braquial, com valores preditivos positivo e negativo de 1.0 e 0.92 respetivamente, na distinção entre patologia major e minor) [5], resultados muito interessantes dado que no trauma nervoso



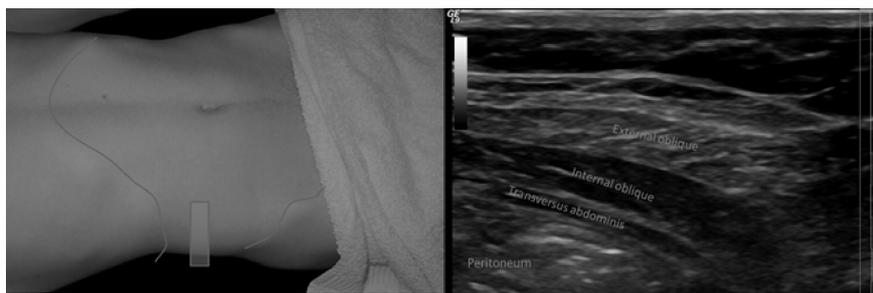
**Fig. 5** - O plexo cervical superficial pode ser identificado com o doente com a cabeça rodada para o lado oposto, colocando a sonda na cricoide e deslizando lateralmente até ao bordo do esternocleidomastoideu. Este localiza-se no triângulo cervical posterior, definido pelo esternocleidomastoideu, trpézio e clavícula. O pavimento é composto pelos músculos esplénio, elevador da omoplata, escalenos anterior e médio



**Fig. 6** - Demonstração do nervo Vago no espaço vascular cervical.



**Fig. 7** - Espaço paravertebral. O espaço em si é triangular, com uma base medial e apex lateral. Ai há gordura subcutanea que envolve o nervo intercostal, dorsal vasos intercostais e cadeia simpática.



**Fig. 8** - O plano definido entre o umbigo e a espinha iliaca anterosuperior é uma referencia para a identificação dos nervos ilioinguinal e iliohipogástrico (usado em herniorrafias, orquidopexia, varicocele, hidrocele, prostatectomia, cesareana). O plano entre o musculo transverso do abdomen e o obliquo interno pode ser usado como local para infusão de anestésico. Pode ser usado como loca para bombas de infusão subcutaneas.

a avaliação clínica e eletromiográfica é limitada nos primeiros tempos (primeiras 6 semanas), não se conseguindo distinguir axonotemese de neurotemese (secção completa) [26].

A ecografia tem a vantagem de ser uma forma de guiar procedimentos, o que levou a um enorme interesse pela sua aplicação a procedimentos anestésicos e analgésicos.

Os principais desafios desta técnica são a sua exigência em termos de conhecimentos (de sonoanatomia, de indicações para procedimentos), necessitar de equipamento de boa qualidade (para avaliação da estrutura fascicular) e ao facto de haver relativamente poucos estudos a averiguar a sua acuidade diagnóstica. Contudo, os resultados iniciais têm sido animadores

em várias patologias, a intervenção é já uma realidade e continua a ser uma área com margem para progressão. A título de exemplo, considerando os resultados animadores na patologia traumática do plexo braquial, porque não a sua aplicação à plexopatia do recém-nascido?

Assim, a ecografia de estruturas nervosas, mais do que corresponder a uma modalidade isolada, faz sentido numa perspectiva de avaliação músculo-esquelética dirigida adequadamente às queixas dos doentes, em termos de diagnóstico, e abre aos Radiologistas a possibilidade de um papel útil no âmbito do tratamento da patologia dolorosa através de intervenção.

## Agradecimentos

A José Valente e Nuno Valente pela assistência no tratamento das fotografias.

## Bibliografia

- 1 - Silvestri, E. et al. - *Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteria to differentiate tendons*. Radiology, 1995, 197(1):291-296.
- 2 - Martinoli, C. et al. - *Sonography of entrapment neuropathies in the upper limb (wrist excluded)*. Journal of Clinical Ultrasound, 2004, 32(9):438-450.
- 3 - Klauser, A. S. et al. - *Carpal Tunnel Syndrome Assessment with US: Value of Additional Cross-sectional Area Measurements of the Median Nerve in Patients versus Healthy Volunteers 1*. Radiology, 2009, 250(1):171-177.
- 4 - Martinoli, C. et al. - *US of Nerve Entrapments in Osteofibrous Tunnels of the Upper and Lower Limbs 1*. Radiographics, 2000, 20(suppl\_1):S199-S217.
- 5 - Gruber, H. et al. - *High-resolution ultrasound of the supraclavicular brachial plexus—can it improve therapeutic decisions in patients with plexus trauma?* European Radiology, 2007, 17(6):1611-1620.
- 6 - Graif, M. et al. - *Sonographic evaluation of brachial plexus pathology*. European Radiology, 2004, 14(2):193-200.
- 7 - Chuang, Y.-M. et al. - *Sonographic diagnosis and treatment of a median nerve epineural hematoma caused by brachial artery catheterization*. Journal of Ultrasound in Medicine, 2002, 21(6):705-708.
- 8 - Martinoli, C. et al. - *Sonography of the median nerve in Charcot-Marie-Tooth disease*. American Journal of Roentgenology, 2002, 178(6):1553-1556.
- 9 - Cartwright, M. S. et al. - *Diagnostic nerve ultrasound in Charcot-Marie-Tooth disease type 1B*. Muscle & nerve, 2009, 40(1):98-102.

- 10 - Zaidman, C. M.; Al Lozi, M.; Pestronk, A. - *Peripheral nerve size in normals and patients with polyneuropathy: an ultrasound study*. Muscle & nerve, 2009, 40(6):960-966.

- 11 - Grimm, A.; Decard, B.; Axer, H. - *Ultrasonography of the peripheral nervous system in the early stage of Guillain Barré syndrome*. Journal of the Peripheral Nervous System, 2014.
- 12 - Rettenbacher, T. et al. - *Schwannoma of the brachial plexus: cross-sectional imaging diagnosis using CT, sonography, and MR imaging*. European Radiology, 2003, 13(8):1872-1875.
- 13 - Martinoli, C. et al. - *Brachial Plexus Sonography: A Technique for Assessing the Root Level*. American Journal of Roentgenology, 2002, 179(3):699-702.
- 14 - Canella, C. et al. - *Anatomical study of phrenic nerve using ultrasound*. European Radiology, 2010, 20(3):659-665.
- 15 - Christophe, J.-L. et al. - *Assessment of topographic brachial plexus nerves variations at the axilla using ultrasonography*. British Journal of Anaesthesia, 2009, 103(4):606-612.
- 16 - Bodner, G. et al. - *Radial Nerve Palsy Associated with Humeral Shaft Fracture: Evaluation with US—Initial Experience 1*. Radiology, 2001, 219(3):811-816.
- 17 - Gruber, H. et al. - *The ultrasonographic appearance of the femoral nerve and cases of iatrogenic impairment*. Journal of Ultrasound in Medicine, 2003, 22(2):163-172.
- 18 - Damarey, B. et al. - *Sonographic assessment of the lateral femoral cutaneous nerve*. Journal of Clinical Ultrasound, 2009, 37(2):89-95.
- 19 - Aravindakannan, T.; Wilder Smith, E. P. - *High resolution ultrasonography in the assessment of meralgia paresthetica*. Muscle & nerve, 2012, 45(3):434-435.
- 20 - Davies, A. G. et al. - *Review: imaging of groin pain in the athlete*. Skeletal radiology, 2010, 39(7):629-644.

- 
- 21 - Graif, M. et al. - *Sciatic nerve: sonographic evaluation and anatomic-pathologic considerations*. Radiology, 1991, 181(2):405-408.
- 22 - Nagaoka, M.; Matsuzaki, H. - *Ultrasonography in tarsal tunnel syndrome*. Journal of Ultrasound in Medicine, 2005, 24(8):1035-1040.
- 23 - Canella, C. et al. - *Anatomic study of the superficial peroneal nerve using sonography*. American Journal of Roentgenology, 2009, 193(1):174-179.
- 24 - Giovagnorio, F.; Martinoli, C. - *Sonography of the Cervical Vagus Nerve*. American Journal of Roentgenology, 2001, 176(3):745-749.
- 25 - Bodner, G. et al. - *Ultrasonography of the Accessory Nerve: Normal and Pathologic Findings in Cadavers and Patients With Iatrogenic Accessory Nerve Palsy*. Journal of Ultrasound in Medicine, 2002, 21(10):1159-1163.
- 26 - Cartwright, M. S. et al. - *Diagnostic ultrasound for nerve transection*. Muscle & Nerve, 2007. 35(6):796-799.